

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. Mai 2002 (16.05.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/39199 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G05B 19/4065**

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP01/12725**

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HOFMANN, Horst**
[DE/DE]; Lerchenweg 1, 91088 Bubenreuth (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
2. November 2001 (02.11.2001)

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(81) Bestimmungsstaat (national): **US**.

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(30) Angaben zur Priorität:
00124548.9 9. November 2000 (09.11.2000) **EP**

Veröffentlicht:

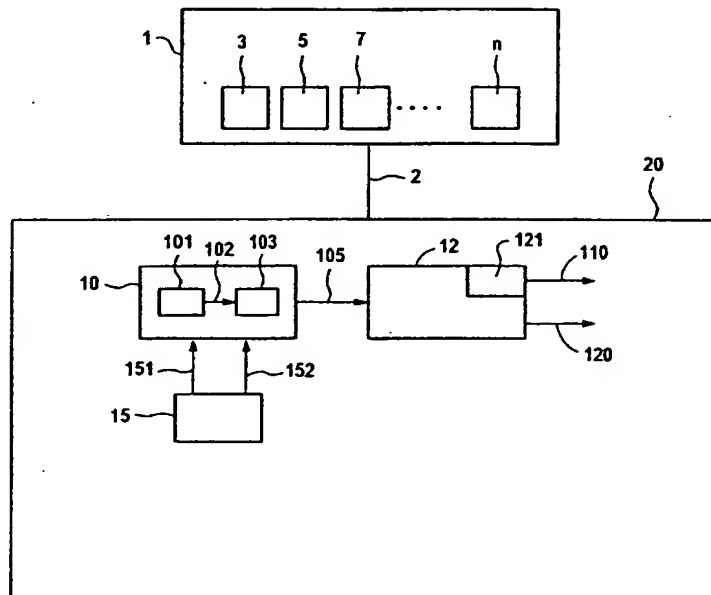
— mit internationalem Recherchenbericht
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **METHOD, COMPUTER PROGRAM PRODUCT AND COMPUTER SYSTEM FOR MAINTENANCE**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN, COMPUTERPROGRAMMPRODUKT UND RECHNERSYSTEM ZUR INSTANDHALTUNG**



(57) Abstract: The maintenance of a technical installation (1) should be effected in an optimized manner with regard to time and costs. To this end, the invention provides a method, a computer program product and a computer system for maintenance, by means of which the wear behavior of installation components (3, 5, 7, n) are predicted and a maintenance time (110) and/or a maintenance action (120) are determined from this prediction.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/39199 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Instandhaltung einer technischen Anlage (1) soll zeit- und kostenoptimiert durchgeführt werden. Dazu ist ein Verfahren, ein Computerprogrammprodukt und ein Rechnersystem zur Instandhaltung vorgesehen, mittels derer das Verschleißverhalten von Anlagenkomponenten (3,5,7,...n) prognostiziert und daraus ein Wartungszeitpunkt (110) und/oder eine Wartungshandlung (120) festgelegt werden.

Beschreibung

Verfahren, Computerprogrammprodukt und Rechnersystem zur Instandhaltung

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren, ein Computerprogrammprodukt sowie ein Rechnersystem zur Instandhaltung einer aus mehreren Anlagenkomponenten bestehenden technischen Anlage.

10

In der Industrie sind in den verschiedenen Bereichen technische Anlagen anzutreffen, welche beispielsweise zur Herstellung eines bestimmten Erzeugnisses, zur Weiterverarbeitung oder Veredelung von Rohstoffen, zur automatisierten Durchführung von ehemals manuellen Tätigkeiten oder zur Erzeugung von insbesondere elektrischer Energie verwendet werden.

Derartige technische Anlagen bestehen im Allgemeinen aus mehreren Anlagenkomponenten, welche die einzelnen Funktionen der technischen Anlage realisieren. Viele dieser Anlagenkomponenten unterliegen während deren Betriebsdauer einem mechanischen Verschleiß. Während der Lebensdauer der technischen Anlage stellt der Verschleiß deren Anlagenkomponenten ein großes Problem dar, weil bei Überschreiten einer Verschleißgrenze die Funktion der technischen Anlage oder zumindest eine ihrer Teilfunktionen nicht mehr gewährleistet ist.

Wird die verschleißbeeinträchtigte Anlagenkomponente nicht rechtzeitig ersetzt, so führt deren übermäßiger Verschleiß im Allgemeinen zumindest zu einem Teilausfall der technischen Anlage und somit zu unerwünschten Stillstandszeiten, was wiederum zu Produktionsausfällen, entgangenem Gewinn und u.U. sehr kostspieligen Reparaturen an der technischen Anlage führen kann.

35

Um verschleißbedingten Ausfall zu vermeiden, ist es bekannt, Wartungsvorgänge an bestimmten Anlagenkomponenten vorzuneh-

men, sobald diese eine bestimmte Betriebsdauer aufweisen, also wenn beispielsweise ein Motor 10000 Betriebsstunden absolviert hat, ein Ventil z.B. 5000 Schaltspiele vorgenommen hat oder ein Auto z.B. 15000 km Fahrtstrecke zurückgelegt hat.

- 5 Dabei wird durch statistische Auswertung ohne Berücksichtigung tatsächlicher Belastungen aufgrund von Erfahrungen eine sogenannte vorbeugende Wartung durchgeführt.

- Nachteilig bei diesem aus dem Stand der Technik bekannten
10 Vorgehen ist, dass dabei oftmals Komponenten gewartet oder ausgetauscht werden, welche aufgrund ihrer tatsächlichen Verfassung durchaus geeignet wären, ihre Funktion weiterhin zu-
mindest innerhalb eines bestimmten Zeitraumes zu gewährleisten. Eine solche oftmals überflüssige Wartung führt also zu
15 hohen finanziellen Belastungen, um die sichere Funktion der Anlagenkomponenten zu gewährleisten.

- Weiterhin ist es bekannt, Anlagenkomponenten zu warten bzw. auszutauschen, wenn diese in ihrem Betriebsverhalten Auffäl-
20 ligkeiten zeigen.

- Zur Erkennung von Auffälligkeiten werden Sensoren an den Anlagenkomponenten oder in deren Umfeld installiert und mit Überwachungseinrichtungen verbunden. Diese erzeugen Überwa-
25 chungsmeldungen, die dann im Allgemeinen vom Wartungspersonal einer technischen Anlage zu interpretieren sind. Aus dieser Interpretation ist dann ein entsprechender Schluss auf mutmaßlich notwendige Wartungsmaßnahmen zu ziehen. Dieses Vorgehen kann dazu führen, dass Wartungsmaßnahmen zu spät eingeleitet werden, da die Überwachung oftmals nur anhand von se-
30 kundären Messwerten erfolgt und die primäre Schadensursache damit zu spät oder gar nicht erfasst wird. Ein typisches Beispiel ist hierfür ein Kavitationsschaden in einer Pumpe, der primär nicht messbar ist und nur aufgrund der sekundären
35 Messwerte, wie z.B. dem Mediumsdruck, der Mediumstemperatur oder dem Mediumsdurchfluss erkannt werden kann.

Weiterhin nutzen Überwachungseinrichtungen, die auf klassischen, analogen Messverfahren des Drucks, der Temperatur, der Drehzahl, des Durchflusses usw. basieren, nicht die gesamte Bandbreite von Informationen wie sie z.B. auch im Rauschen
5 der Signale und Energieströme enthalten sind. Sie verzichten damit auf ein hohes Informationsangebot zur Überwachung und Diagnose des Verhaltens von Komponenten.

Der größte Nachteil von zu spät eingeleiteten Wartungsmaßnahmen besteht darin, dass diese unweigerlich zu einem Anlagenstillstand führen.
10

Das Einleiten von Wartungsmaßnahmen aufgrund von Sensordaten kann weiterhin dazu führen, dass Wartungsvorgänge unnötig
15 eingeleitet werden, da die Überwachung aufgrund der vorher genannten sekundären Messwerte nicht das reale Verschleiß- oder Schadensbild wiedergibt, sondern nur deren Symptome, welche nicht zwangsläufig miteinander korrespondieren müssen.

20 Überflüssig eingeleitete Wartungsvorgänge führen zu einer Bearbeitung und/oder Austausch von an sich noch funktionsfähigen Anlagenkomponenten und damit zu überflüssigen laufenden finanziellen Kosten.

25 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren, ein Computerprogrammprodukt und ein Rechnersystem zur Instandhaltung einer aus mehreren Anlagenkomponenten bestehenden technischen Anlage anzugeben, welche eine zeit- und kostengerechte Wartung der technischen Anlage gewährleisten.
30

Bezüglich des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur Instandhaltung einer aus mehreren Anlagenkomponenten bestehenden technischen Anlage mit folgenden Schritten gelöst:
35

1. Das Verschleißverhalten wenigstens einer Anlagenkomponente wird simuliert.

2. Dem Verschleißverhalten wird wenigstens ein Verschleißparameter zugeordnet.
3. Die zukünftige Entwicklung des Wertes des wenigstens einen Verschleißparameters wird prognostiziert.
- 5 4. Aus der prognostizierten zukünftigen Entwicklung des Wertes des wenigstens einen Verschleißparameters wird mindestens ein Wartungszeitpunkt und/oder mindestens eine Wartungshandlung der betreffenden Anlagenkomponente abgeleitet.
- 10 Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht insbesondere darin, dass der Wartungszeitpunkt und/oder die Wartungshandlung auf den tatsächlich vorliegenden Verschleiß abgestellt sind. Durch die Vorhersage des Verschleißverhaltens ist es möglich, den Wartungszeitpunkt und/oder die Wartungs-
- 15 handlung gezielt dann vorzunehmen, wenn der Verschleiß einer oder mehrerer Anlagenkomponenten eine zulässige Toleranzschwelle überschritten hat. Dadurch wird verhindert, dass eine Wartung zu früh oder zu spät eingeleitet wird, also dass unnötige Kosten für nicht notwendige Wartungsmaßnahmen entstehen und dass die Wartungshandlung in einem zu großen, nicht notwendigen Umfang durchgeführt wird.
- 20

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung werden in mindestens einer Datenbank abgespeicherte aktuelle Prozessdaten und/oder archivierte Langzeitspeicher-Prozessdaten zur Simulation des Verschleißverhaltens herangezogen.

25

Dadurch wird die Simulation des Verschleißverhaltens genauer, weil dadurch zum einen die aktuell tatsächlich vorliegenden verschleißrelevanten Prozessdaten in die Simulation einfließen. Zum anderen können mögliche zukünftige, das Verschleißverhalten bestimmende Belastungen besser vorweggenommen werden, weil die Langzeitspeicher-Prozessdaten archivierte Werte verschleißbestimmender Prozessdaten beinhalten, welche in der Vergangenheit tatsächlich vorgelegen haben. Findet man nun z.B. in den archivierten Langzeitspeicher-Prozess-

30

35 daten vergangene Prozessdaten, welche mit den aktuellen Pro-

- zessdaten z.B. hinsichtlich einer aktuell vorliegenden Betriebssituation gut übereinstimmen, so besteht eine große Wahrscheinlichkeit, dass sich die aktuellen Prozessdaten zukünftig ähnlich verhalten werden wie die identifizierten archivierten Langzeitspeicher-Prozessdaten. Diese archivierten Langzeitspeicher-Prozessdaten können dann in die Simulation einfließen und so die Vorhersage des Verschleißverhaltens deutlich verbessern.
- 10 Vorteilhaft wird der Wartungszeitpunkt und/oder die Wartungshandlung mit Hilfe eines Diagnosesystems abgeleitet. Das Diagnosesystem ist dabei ein spezialisiertes System, welches aufgrund der aktuellen Werte von Eingabedaten - wie z.B. der prognostizierten zukünftigen Entwicklung des Wertes eines Verschleißparameters - einen Schluss auf das Vorliegen einer bestimmten aktuellen oder zukünftigen Verschleiß-Situation zieht und daraus ggf. Maßnahmen ableitet, wie z.B. das Erzeugen einer Warnmeldung, das Erzeugen einer Störmeldung oder auch das Ermitteln eines Wartungszeitpunkts, an dem die Anlage oder Anlagenkomponente spätestens gewartet werden muss.
- 20 Das Erkennen einer aktuellen oder zukünftigen Verschleiß-Situation durch das Diagnosesystem kann auch gleichzeitig mit entsprechenden Handlungsvorschlägen verknüpft werden.
- 25 Wie bei handelsüblichen Diagnosesystemen erfasst und verknüpft das erfindungsgemäße Diagnosesystem vorteilhaft Expertenwissen bezüglich der technischen Anlage oftmals unter Zuhilfenahme von Methoden der Fuzzy-Logic und „selbstlernender“ neuronaler Netze.
- 30 Die Erfindung führt weiterhin zu einem Computerprogrammprodukt, das direkt in den internen Speicher eines digitalen Computers geladen werden kann und Softwarecodeabschnitte umfasst, mit denen die Schritte gemäß Anspruch 1 ausgeführt werden, wenn das Produkt auf einem Computer läuft.
- 35

Die Erfindung führt weiterhin zu einem Rechnersystem zur Instandhaltung einer aus mehreren Anlagenkomponenten bestehenden technischen Anlage, wobei das Rechnersystem ein Simulationssystem zur Simulation des Verschleißverhaltens wenigstens einer Anlagenkomponente umfasst und ertüchtigt ist, die zukünftige Entwicklung des Wertes eines dem Verschleißverhalten zugeordneten wenigstens eines Verschleißparameters zu prognostizieren und daraus mindestens einen Wartungszeitpunkt und/oder mindestens eine Wartungshandlung abzuleiten.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst dieses Rechnersystem eine Datenbank, in welcher aktuelle Prozessdaten und/oder archivierte Langzeitspeicher-Prozessdaten abgelegt sind.

Wie bereits bei dem entsprechenden Anspruch bezüglich des erfindungsgemäßen Verfahrens angeführt, können derartige Prozessdaten in die Simulation und Prognose einfließen, um deren Zuverlässigkeit zu erhöhen.

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Rechnersystem ein Diagnosesystem, mittels dessen der Wartungszeitpunkt und/oder die Wartungshandlung ableitbar sind.

Bekannte Diagnosesysteme, welche z.B. die Methoden der Fuzzy-Logic verwenden, sind besonders geeignet, Expertenwissen bezüglich des Verhaltens der technischen Anlage in den verschiedensten Betriebssituationen zu akquirieren. Die Simulations- und Prognosedaten des Simulationssystems können dann als Eingangsdaten in das Diagnosesystem einfließen, welches unter Einbeziehung dieser Daten und des akquirierten Expertenwissens einen Wartungszeitpunkt und/oder eine Wartungshandlung ableitet.

Vorteilhaft umfasst das Rechnersystem ein Trainingssystem mittels dessen Simulationen getestet und neue Simulationsaufgaben konzipierbar sind.

Das Trainingssystem dient dazu, interaktiv mit dem Simulationssystem zu arbeiten und z.B. Selbstlernmechanismen zu entwickeln, zu modifizieren, zu validieren und zu verifizieren.

- 5 Bei dem Trainingssystem handelt es sich also um eine Test-Plattform, mittels derer die Simulationen, Prognosen usw. getestet werden können, bevor sie beim realen Betrieb der technischen Anlage zum Einsatz kommen. Des Weiteren kann das Trainingssystem zu Schulung des Bedienpersonals verwendet
10 werden, um dieses mit dem Instandhaltungssystem vertraut zu machen. Dadurch, dass das Trainingssystem vom realen technischen Prozess abgekoppelt ist, können die Funktionen des Rechnersystems zur Instandhaltung getestet und geschult werden, ohne dass damit ein u. U. gefährlicher Eingriff in den
15 Betrieb der technischen Anlage verbunden ist.

Vorteilhaft umfasst das Rechnersystem weiterhin ein Engineeringssystem, mittels dessen das gesamte Rechnersystem handhabbar ist.

20

- Das Engineeringssystem gewährleistet die technologische, ingenieurmäßige Handhabung des Rechnersystems, vorzugsweise auf graphischer Ebene. Dazu gehören beispielsweise die Installation des Gesamtsystems, das Einbringen der technologischen
25 Aufgabenstellung, das Einbringen der Daten und Parameter, die Festlegung der Darstellungen und Kommunikationen über die Mensch-Maschine-Schnittstelle, die etwaige Einbindung in ein Prozessleitsystem sowie ggf. die Verbindung zu internen und externen Netzen und anderen EDV-Systemen.

30

Weiterhin umfasst das Rechnersystem vorteilhaft ein Multimediasystem, mittels dessen die Ausführung von Wartungsaufgaben unterstützt ist.

- 35 Bei Wartungsvorgängen oder zusätzlichen Diagnosemaßnahmen werden dem Anwender multimediale Funktionen, wie z.B. Bild- und Toninformationen, am Ort der Tätigkeit über entsprechende

Ausgabegeräte, wie z.B. Bildschirm, Laptop, Headset, Lautsprecher usw., bereitgestellt, welche die Arbeiten unterstützen und verfolgen. Das System kann auch interaktiv ausgestaltet sein und z.B. Vorgänge speichern, um sie später wieder in vergleichbaren Situationen zur Verfügung zu stellen.

Im Folgenden werden zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung näher dargestellt. Es zeigen:

FIG. 1 eine mit einem Rechnersystem zur Instandhaltung verbundene technische Anlage und

FIG. 2 eine Prinzipskizze eines Rechnersystems zur Instandhaltung.

In FIG. 1 ist eine technische Anlage 1 dargestellt, welche aus mehreren Anlagenkomponenten 3, 5, 7, ...n besteht. Die technische Anlage 1 ist über eine Datenverbindung 2 verbunden mit einem Rechnersystem 20 zur Instandhaltung. In einem Simulationsmodul 101 eines Simulationssystems 10 des Rechnersystems 20 wird das Verschleißverhalten der Anlagenkomponenten 3, 5, 7, ...n simuliert und diesem Verschleißverhalten mindestens ein Verschleißparameter 102 zugeordnet. Zur Simulation des Verschleißverhaltens macht das Simulationssystem 10 Gebrauch von in einer Datenbank 15 abgelegten aktuellen Prozessdaten 151 und archivierten Langzeitspeicher-Prozessdaten 152.

In einem Prognosemodul 103 werden Daten 105 zur Erfassung der zukünftigen Entwicklung des Verschleißparameters 102 ermittelt.

Diese Daten 105 des prognostizierten Verlaufs des Verschleißparameters 102 werden an ein nachgeschaltetes Diagnosesystem 12 übergeben. Das Diagnosesystem 12 enthält eine Expertenwissensbasis 121, in welcher Wissen aus den Betriebserfahrungen der technischen Anlage beispielsweise mit Hilfe der Methoden der Fuzzy-Logic akquiriert und verknüpft ist.

Das Diagnosesystem 12 ermittelt aus der prognostizierten Entwicklung des Verschleißparameters 102 einen Wartungszeitpunkt 110 und/oder eine Wartungshandlung 120 der betreffenden Anlagenkomponenten.

5

FIG 2 zeigt ein Rechnersystem 40 zur Instandhaltung, welches aus mehreren Teilkomponenten besteht. Die Teilkomponenten des Rechnersystems 40 sind untereinander über eine Kommunikationsverbindung 41 verbunden.

10

In einem Simulationssystem 50 werden alle Komponenten und Systeme der technischen Anlage im Hinblick auf wartungsrelevante Aspekte simuliert. Dazu erhält das Simulationssystem 50 aus einer Datenbank 45 aktuelle und archivierte Prozessdaten.

15 Um diese Daten aus den Prozessen der technischen Anlage zu erhalten, ist die Datenbank 45 über ein Gateway 43 durch eine Kommunikationsverbindung 410 mit dem Prozessleitsystem 415 der technischen Anlage verbunden. Dadurch, dass das Simulationssystem 50 Zugriff auf die in der Datenbank 45 gespeicherten aktuellen und archivierten Prozessdaten hat, ist die vom Simulationssystem 50 ermittelte Prognose des Verschleißverhaltens sehr zuverlässig, da das Simulationssystem seine Simulationsergebnisse mit den realen aktuellen oder abgespeicherten Prozessdaten abgleichen kann.

20

25 Wenn im Simulationssystem 50 klassische Simulationsmethoden, wie z.B. die Modellierung des Verschleißverhaltens mit Hilfe von mathematischen Gleichungen eingesetzt werden, ist der Aussagewert der Simulationsergebnisse von Beginn an sehr

30 hoch. Es können jedoch auch modernere Methoden zur Simulation eingesetzt werden, wie z.B. Neuro-Fuzzy-Technik mit entsprechenden Selbstlernmechanismen. Diese moderneren Methoden bieten sich dann an, wenn das Verschleißverhalten mathematisch exakt nicht erfassbar ist. Die Aussage-Zuverlässigkeit von
35 derartigen Methoden steigt dann erst im Laufe der Zeit, wenn immer mehr Lernzyklen durchgeführt werden.

Im Diagnosesystem 52 werden die Simulationsergebnisse des Simulationssystems 50 ausgewertet und zu Informationen, Entscheidungsvorlagen und Handlungsaussagen verarbeitet.

- 5 Das Diagnosesystem 52 ist weiterhin mit einer Mensch-Maschine-Schnittstelle 48 verbunden. An die Mensch-Maschine-Schnittstelle 48 sind über eine Kommunikationsverbindung 400 Einheiten - wie z.B. eine Bildschirmeinheit 310, ein Drucker 320 oder Kommunikationsgeräte 340 - angeschlossen, mit deren
10 Hilfe das Rechnersystem 40 durch das Bedienpersonal bedient werden kann. Über ein an die Kommunikationsverbindung 400 ebenfalls angeschlossenes Gateway 46 sind darüber hinaus auch Kommunikationen des Rechnersystems 40 zu entfernten EDV-Systemen über Satelliten S, Internet I oder Mobilfunk M mög-
15 lich.

Ein Engineering-System 44, welches an die Kommunikationsverbindung 41 angeschaltet ist, dient hauptsächlich dazu, die Gesamtstruktur und die Funktionen des Rechnersystems 40 softwaremäßig aufzubauen, zu modifizieren und dem jeweiligen
20 technischen Stand und den Erfordernissen der technischen Anlage anzupassen. U.a. dient das Engineering-System auch zur Wartung und zum Qualitätsmanagement des gesamten Rechnersystems 40.

25 Ein ebenfalls an die Kommunikationsverbindung 41 angeschaltetes Multimediasystem 46 enthält multimediale Informationen wie z.B. Bild- und Toninformationen, welche auf die in der technischen Anlage durchzuführenden Wartungsmaßnahmen bezogen
30 sind. Bei diesen Informationen kann es sich z.B. um Videoinformationen handeln, welche beispielsweise die Wartung an einer bestimmten Anlagenkomponente als Film darstellen und so dem Wartungspersonal als Handlungsanweisung dienen können.

35 Über entsprechende Kommunikationsverbindungen innerhalb der technischen Anlage können diese multimedialen Informationen bedarfsgerecht an den jeweiligen Ort der Wartungsmaßnahme ü-

bertragen werden und so das Wartungspersonal unterstützen.
Das Multimediasystem 46 kann auch interaktiv sein und z.B.
durchgeführte Wartungsmaßnahmen speichern um sie später wie-
der im Bedarfsfall z. B. am Ort einer Wartungsmaßnahme zur
5 Verfügung zu stellen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Instandhaltung einer aus mehreren Anlagenkomponenten (3,5,7,...n) bestehenden technischen Anlage
5 (1) mit folgenden Schritten:
a) das Verschleißverhalten wenigstens einer Anlagenkomponente (3,5,7,...n) wird simuliert,
b) dem Verschleißverhalten wird wenigstens ein Verschleißparameter (102) zugeordnet,
10 c) die zukünftige Entwicklung des Wertes des wenigstens einen Verschleißparameters (102) wird prognostiziert, und
d) aus der prognostizierten zukünftigen Entwicklung des Wertes des wenigstens einen Verschleißparameters (102)
15 wird mindestens ein Wartungszeitpunkt (110) und/oder mindestens eine Wartungshandlung (120) der betreffenden Anlagenkomponente (3,5,7,...n) abgeleitet.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass in mindestens einer Datenbank (15) abgespeicherte aktuelle Prozessdaten (151) und/oder archivierte Langzeitspeicher-Prozessdaten (152) zur Simulation des Verschleißverhaltens herangezogen werden.
- 25 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Wartungszeitpunkt (110) und/oder die Wartungshandlung (120) mit Hilfe eines Diagnosesystems (12) abgeleitet wird.
- 30 4. Computerprogrammprodukt, das direkt in den internen Speicher eines digitalen Computers geladen werden kann und Softwarecodeabschnitte umfasst, mit denen die Schritte gemäß Anspruch 1 ausgeführt werden, wenn das Produkt auf einem Computer läuft.
- 35

5. Rechnersystem zur Instandhaltung einer aus mehreren Anlagenkomponenten (3,5,7,...n) bestehenden technischen Anlage,
- 5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das
Rechnersystem (20) ein Simulationssystem (10) zur Simulation des Verschleißverhaltens wenigstens einer Anlagenkomponente (3,5,7...n) umfasst und ertüchtigt ist, die zukünftige Entwicklung des Wertes eines dem Verschleißverhalten zugeordneten wenigstens eines Verschleißparameters (102) zu prognostizieren und daraus mindestens einen Wartungszeitpunkt (110) und/oder mindestens eine Wartungshandlung (120) abzuleiten.
- 10
- 15 6. Rechnersystem nach Anspruch 5,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h mindestens eine Datenbank (15), in welcher aktuelle Prozessdaten (151) und/oder archivierte Langzeitspeicher-Prozessdaten (152) abgelegt sind.
- 20
7. Rechnersystem nach einem der Ansprüche 5 oder 6,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h ein Diagnosesystem (12), mittels dessen der Wartungszeitpunkt (110) und/oder die Wartungshandlung (120) ableitbar sind.
- 25
8. Rechnersystem nach einem der Ansprüche 5 bis 7,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h ein Trainingssystem (42), mittels dessen Simulationen getestet und neue Simulationsaufgaben konzipierbar sind.
- 30
9. Rechnersystem nach einem der Ansprüche 5 bis 8,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h ein Engineeringssystem (44), mittels dessen das gesamte Rechnersystem (40) handhabbar ist.

10. Rechnersystem nach einem der Ansprüche 5 bis 9,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h ein Multimedia-
system (46), mittels dessen die Ausführung von Wartungs-
5 aufgaben unterstützt ist.

1/2

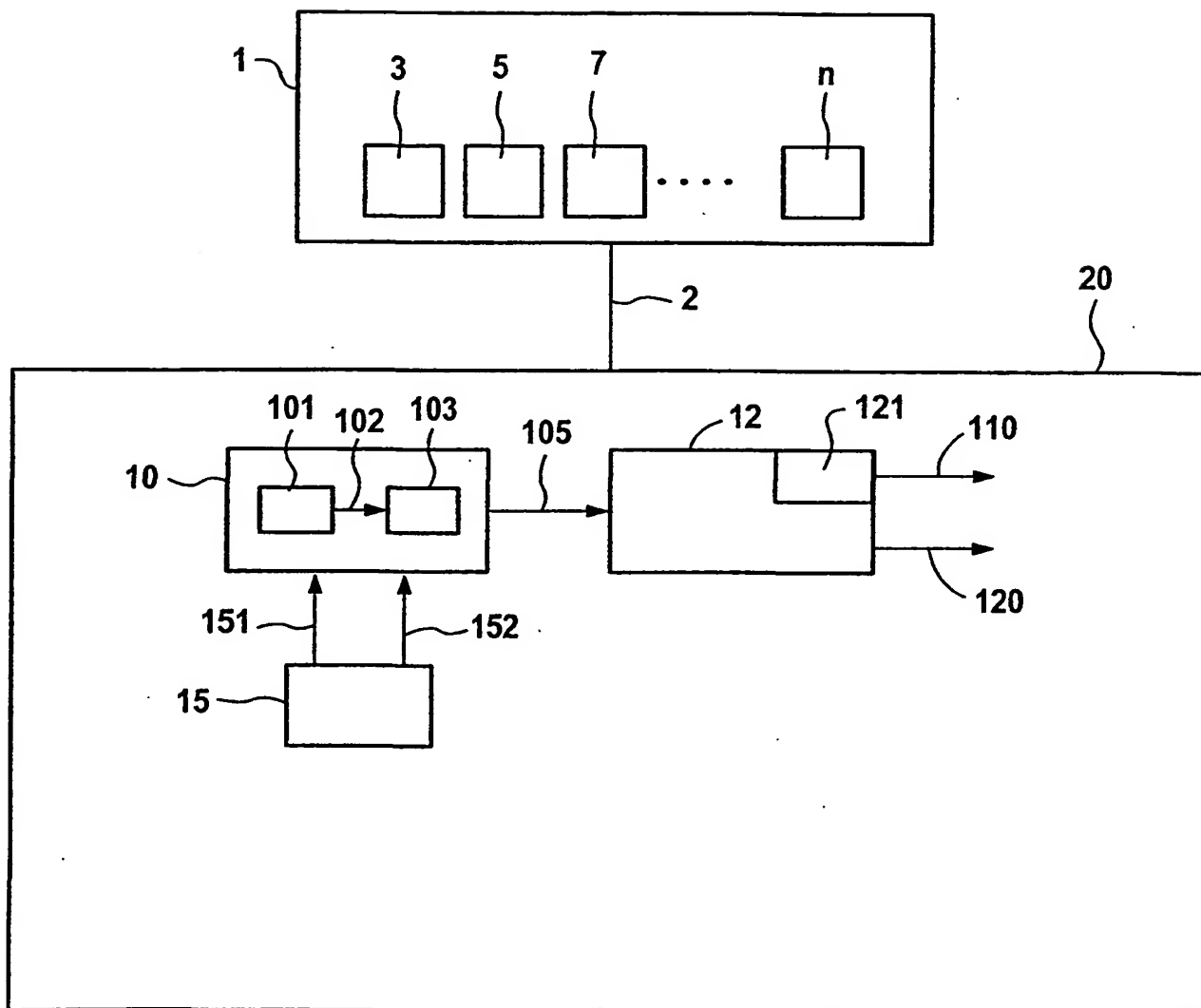


FIG 1

2/2

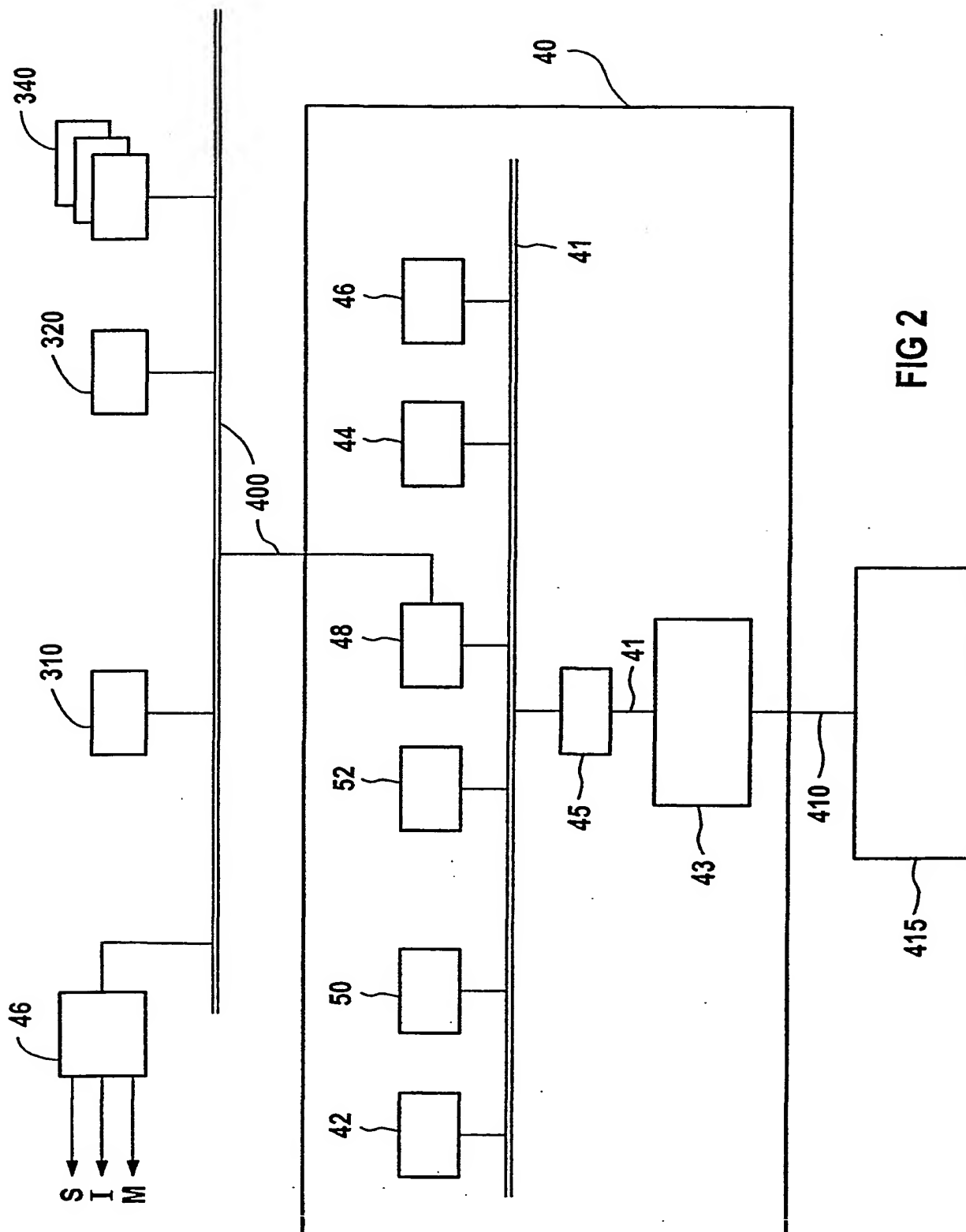


FIG 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No

PCT/EP 01/12725

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G05B19/4065

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 509 817 A (TEXAS INSTRUMENTS INC) 21 October 1992 (1992-10-21) figure 3	1,5
A	EP 0 612 039 A (HITACHI LTD ;BABCOCK HITACHI KK (JP)) 24 August 1994 (1994-08-24) claim 1	1,5
A	GIAMPAOLO D'ERRICO: "TOOL CONDITION MONITORING AND MACHINING PROCESS CONTROL" PROCEEDINGS OF THE ANNUAL CONFERENCE OF THE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY. (IECON),US,NEW YORK, IEEE, vol. CONF. 15, 6 November 1989 (1989-11-06), pages 652-657, XP000130570 the whole document	1,5

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 April 2002

Date of mailing of the international search report

02/05/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kelperis, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int Application No
PCT/LI 01/12725

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	COLBAUGH R ET AL: "REAL-TIME TOOL WEAR ESTIMATION USING RECURRENT NEURAL NETWORKS" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTELLIGENT CONTROL, US, NEW YORK, IEEE, 27 August 1995 (1995-08-27), pages 357-362, XP000684185 ISBN: 0-7803-2723-3 page 358, left-hand column, line 24 -right-hand column, line 30	1,5
A	KUNZ J C ET AL: "SUPPORT FOR INTEGRATED VALUE-BASED MAINTENANCE PLANNING" IEEE EXPERT, US, IEEE INC. NEW YORK, vol. 11, no. 4, 1 August 1996 (1996-08-01), pages 35-44, XP000627015 ISSN: 0885-9000 page 35, right-hand column, line 1 -page 41, left-hand column, line 38	1,5
A	EP 0 908 805 A (DAYTON T BROWN INC) 14 April 1999 (1999-04-14) claim 1	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Int'l Application No

PCT/EP 01/12725

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0509817	A	21-10-1992	US	5251144 A	05-10-1993
			DE	69212048 D1	14-08-1996
			DE	69212048 T2	30-01-1997
			EP	0509817 A1	21-10-1992
			JP	6170696 A	21-06-1994
EP 0612039	A	24-08-1994	JP	6242289 A	02-09-1994
			JP	6243119 A	02-09-1994
			JP	6250998 A	09-09-1994
			DE	69421305 D1	02-12-1999
			DE	69421305 T2	20-07-2000
			EP	0612039 A2	24-08-1994
			US	5648919 A	15-07-1997
EP 0908805	A	14-04-1999	CA	2217808 A1	07-04-1999
			US	5710723 A	20-01-1998
			EP	0908805 A1	14-04-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/12725

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G05B19/4065

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G05B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 509 817 A (TEXAS INSTRUMENTS INC) 21. Oktober 1992 (1992-10-21) Abbildung 3	1,5
A	EP 0 612 039 A (HITACHI LTD ;BABCOCK HITACHI KK (JP)) 24. August 1994 (1994-08-24) Anspruch 1	1,5
A	GIAMPAOLO D'ERRICO: "TOOL CONDITION MONITORING AND MACHINING PROCESS CONTROL" PROCEEDINGS OF THE ANNUAL CONFERENCE OF THE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY. (IECON), US, NEW YORK, IEEE, Bd. CONF. 15, 6. November 1989 (1989-11-06), Seiten 652-657, XP000130570 das ganze Dokument	1,5



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. April 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/05/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kelperis, K

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	COLBAUGH R ET AL: "REAL-TIME TOOL WEAR ESTIMATION USING RECURRENT NEURAL NETWORKS" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTELLIGENT CONTROL,US,NEW YORK, IEEE, 27. August 1995 (1995-08-27), Seiten 357-362, XP000684185 ISBN: 0-7803-2723-3 Seite 358, linke Spalte, Zeile 24 -rechte Spalte, Zeile 30	1,5
A	KUNZ J C ET AL: "SUPPORT FOR INTEGRATED VALUE-BASED MAINTENANCE PLANNING" IEEE EXPERT,US,IEEE INC. NEW YORK, Bd. 11, Nr. 4, 1. August 1996 (1996-08-01), Seiten 35-44, XP000627015 ISSN: 0885-9000 Seite 35, rechte Spalte, Zeile 1 -Seite 41, linke Spalte, Zeile 38	1,5
A	EP 0 908 805 A (DAYTON T BROWN INC) 14. April 1999 (1999-04-14) Anspruch 1	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/12725

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0509817	A	21-10-1992	US	5251144 A	05-10-1993
			DE	69212048 D1	14-08-1996
			DE	69212048 T2	30-01-1997
			EP	0509817 A1	21-10-1992
			JP	6170696 A	21-06-1994
EP 0612039	A	24-08-1994	JP	6242289 A	02-09-1994
			JP	6243119 A	02-09-1994
			JP	6250998 A	09-09-1994
			DE	69421305 D1	02-12-1999
			DE	69421305 T2	20-07-2000
			EP	0612039 A2	24-08-1994
			US	5648919 A	15-07-1997
EP 0908805	A	14-04-1999	CA	2217808 A1	07-04-1999
			US	5710723 A	20-01-1998
			EP	0908805 A1	14-04-1999